



SMARTPHONIQUE

Pierre-Xavier Marique

EXPERIENCES

Pour quoi faire ?

WOOCCLAP Q1 – nuage de mots

EXPERIENCES

Pour quoi faire ?

- Illustrer (un concept ou un modèle vient d'être enseigné)
- Faire émerger un phénomène (avant une phase d'enseignement, on expérimente, on analyse, on modélise)
- Diagnostiquer des conceptions (on prédit et on confronte ses idées initiales)
- Confronter des hypothèses/ modèles concurrents (on teste, on oppose plusieurs visions pour trancher)
- Evaluer (on vérifie la compréhension/l'application)
- Acquérir une démarche scientifique (prédire, concevoir, manipuler, mesurer, évaluer et analyser, communiquer)
- Tester les limites d'un modèle (vérifier les conditions de validité du modèle)
- Développer des compétences pratiques (on développe, on répète des gestes de laboratoire)

EXPERIENCES

Dans quel contexte ?

- WOOCCLAP Q2 - QRM

EXPERIENCES

Dans quel contexte ?

- Nombre d'élèves : petite classe vs grosse classe
 - rôle de l'élève $\neq$ $\Leftrightarrow$ élève acteur (labo) vs élève spectateur (démon)
- Disponibilité du matériel
 - influence le degré d'activité de chacun
- Matériel « pointu » vs bricolage
 - nécessite de l'adaptation et de l'imagination
- Nombre d'heures de cours
 - influence la quantité d'expériences et le temps à consacrer à chaque
- Compétences des élèves
 - Ont-ils l'habitude de pratiquer en labo ?

EXPERIENCES

Dans quel contexte ?

- **Nombre d'élèves : petite classe vs grosse classe**
 - rôle de l'élève $\neq$ $\Leftrightarrow$ **élève acteur (labo)** vs élève spectateur (démon)
- **Disponibilité du matériel**
 - influence le degré d'activité de chacun
- **Matériel « pointu » vs bricolage**
 - nécessite de l'adaptation et de l'imagination
- Nombre d'heures de cours
 - influence la quantité d'expériences et le temps à consacrer à chaque
- Compétences des élèves
 - Ont-ils l'habitude de pratiquer en labo ?

EXPERIENCES

Dans quel contexte ?

Réponse = Smartphonique ?

- **Nombre d'élèves : petite classe vs grosse classe**
 - rôle de l'élève $\neq \Leftrightarrow$ **élève acteur (labo)** vs élève spectateur (démon)
- **Disponibilité du matériel**
 - influence le degré d'activité de chacun
- **Matériel « pointu » vs bricolage**
 - nécessite de l'adaptation et de l'imagination
- Nombre d'heures de cours
 - influence la quantité d'expériences et le temps à consacrer à chaque
- Compétences des élèves
 - Ont-ils l'habitude de pratiquer en labo ?

EXPERIENCES

Dans quel contexte ?

- **Nombre d'élèves : petite classe vs grosse classe**
 - rôle de l'élève $\neq$ $\Leftrightarrow$ **élève acteur (labo)** vs élève spectateur (démon)
- **Disponibilité du matériel**
 - influence le degré d'activité de chacun
- **Matériel « pointu » vs bricolage**
 - nécessite de l'adaptation et de l'imagination
- Nombre d'heures de cours
 - influence la quantité d'expériences et le temps à consacrer à chaque
- Compétences des élèves
 - Ont-ils l'habitude de pratiquer en labo ?

Réponse = Smartphonique ?

→ **Avantages :**
Ludique et moderne !

SMARTPHONIQUE

C'est quoi ?

SMARTPHONIQUE

C'est quoi ?

Smartphone = laboratoire de poche



SMARTPHONIQUE

C'est quoi ?

Smartphone = laboratoire de poche

Appareil photo / caméra

Microphone

Luxmètre

GPS

Magnétomètre

Gyromètre



Accéléromètres

Baromètre

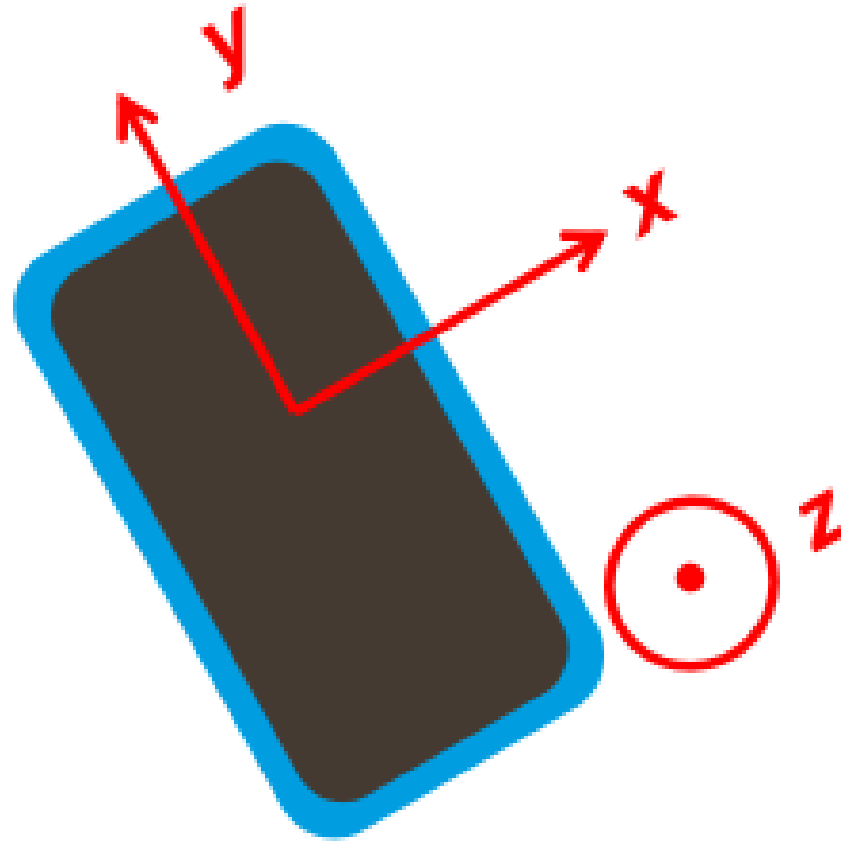
Chronomètre

Thermomètre

Capteurs CCD

SMARTPHONIQUE

Les axes d'un smartphone



SMARTPHONIQUE - Applications

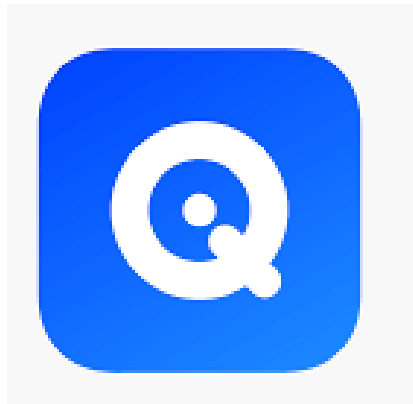
Phyphox



Physics toolbox suite



Fizziq

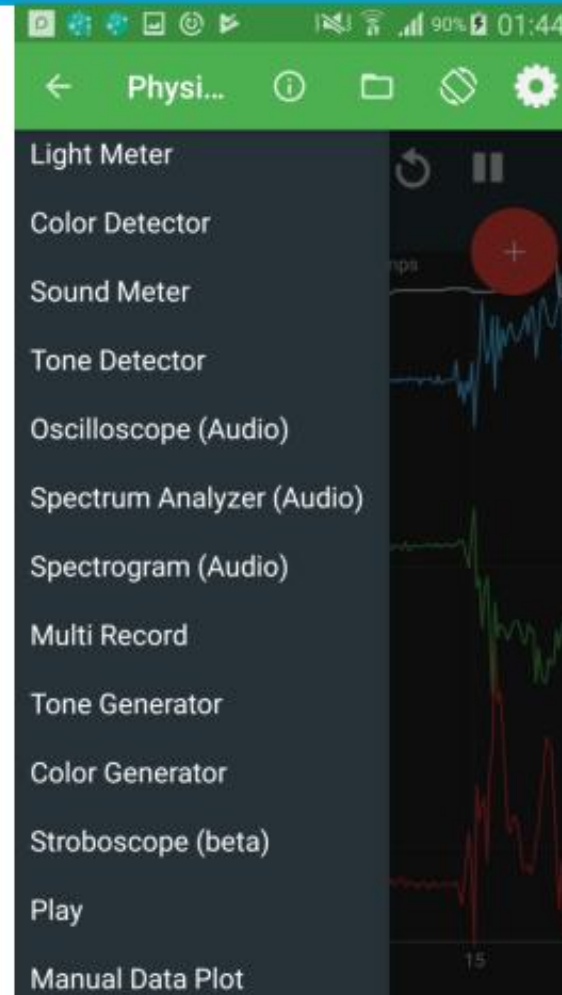


SMARTPHONIQUE - Applications

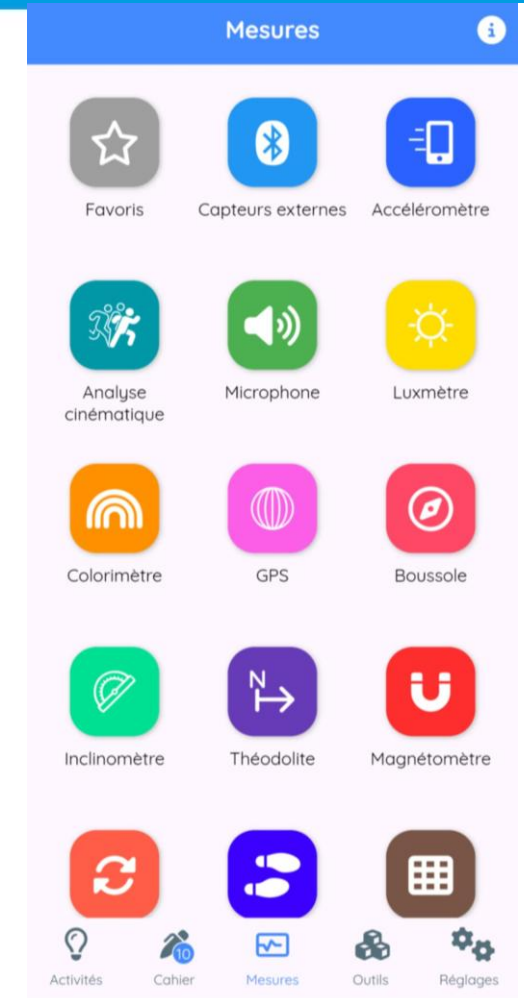
Phyphox



Physics ToolBox Suite



fizziq



EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Différents ateliers
 - Déterminer la vitesse du son
 - Déterminer la masse volumique de l'air et la hauteur d'un étage
 - Déterminer l'intensité et l'orientation du champ magnétique terrestre
 - Déterminer la distance focale de la lentille de son smartphone

EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

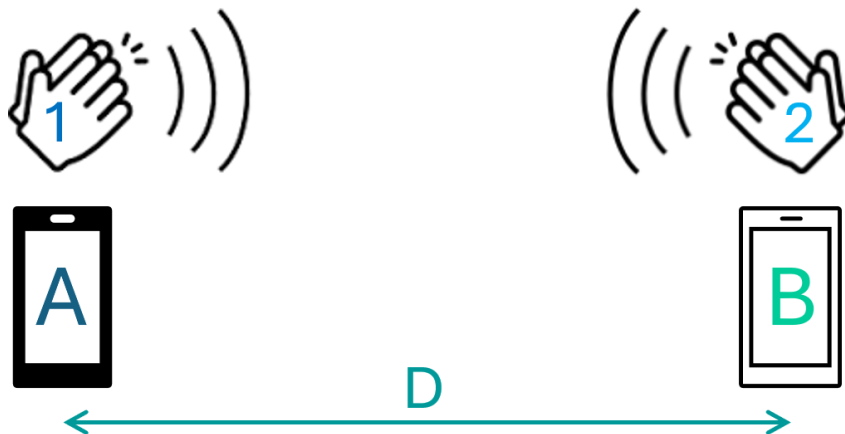
- Déterminer la vitesse du son
 - ➔ Clac + 2 smartphones ou 2 micros/oscillo
 - Matériel nécessaire : 2 smartphones*



EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer la vitesse du son
 - Clac + 2 smartphones ou 2 micros/oscillo
 - Matériel nécessaire : 2 smartphones*



App PhyPhox

→ Fonction : Acoustic Stopwatch

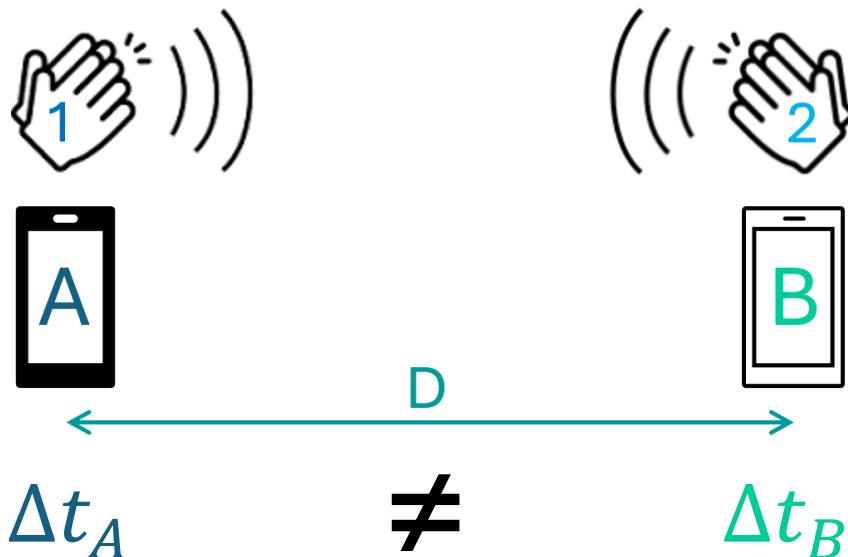
Chronomètre enclenché si son fort (> seuil)

Chronomètre arrêté si nouveau son fort

EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer la vitesse du son
 - Clac + 2 smartphones ou 2 micros/oscillo
 - Matériel nécessaire : 2 smartphones*



App PhyPhox

→ Fonction : Acoustic Stopwatch

Chronomètre enclenché si son fort (> seuil)
Chronomètre arrêté si nouveau son fort

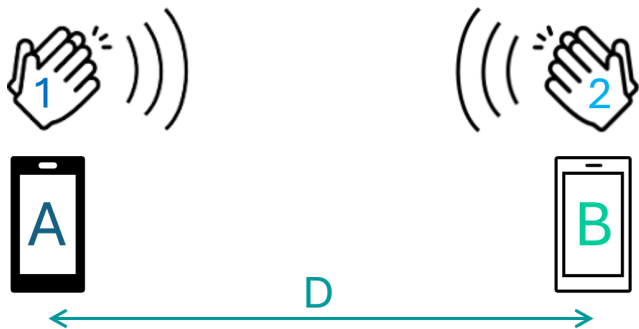
EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer la vitesse du son

➔ Clac + 2 smartphones ou 2 micros/oscillo

Matériel nécessaire : 2 smartphones



CLAP 1 (t_1) $t_{A,1} = t_1$ $t_{B,1} = t_1 + \frac{D}{v_{son}}$

CLAP 2 (t_2) $t_{A,2} = t_2 + \frac{D}{v_{son}}$ $t_{B,2} = t_2$

Smartphone A :

$$\Delta t_A = t_{A,2} - t_{A,1} = t_2 + \frac{D}{v_{son}} - t_1$$

Smartphone B :

$$\Delta t_B = t_{B,2} - t_{B,1} = t_2 - t_1 - \frac{D}{v_{son}}$$

➔ Différence des écarts de temps enregistrés :

$$\Delta t = |\Delta t_A - \Delta t_B| = \frac{2 \cdot D}{v_{son}}$$

EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer « la » distance focale de l'appareil photo de son smartphone

En réalité : distance focale équivalente

De nombreux smartphones possèdent plusieurs objectifs (chacun ayant une distance focale)

→ La distance focale déterminée sera équivalente à celle d'une lentille unique dont l'effet optique est identique à celui de la combinaison d'objectifs utilisés (standard, grand angle, téléobjectif, ...).



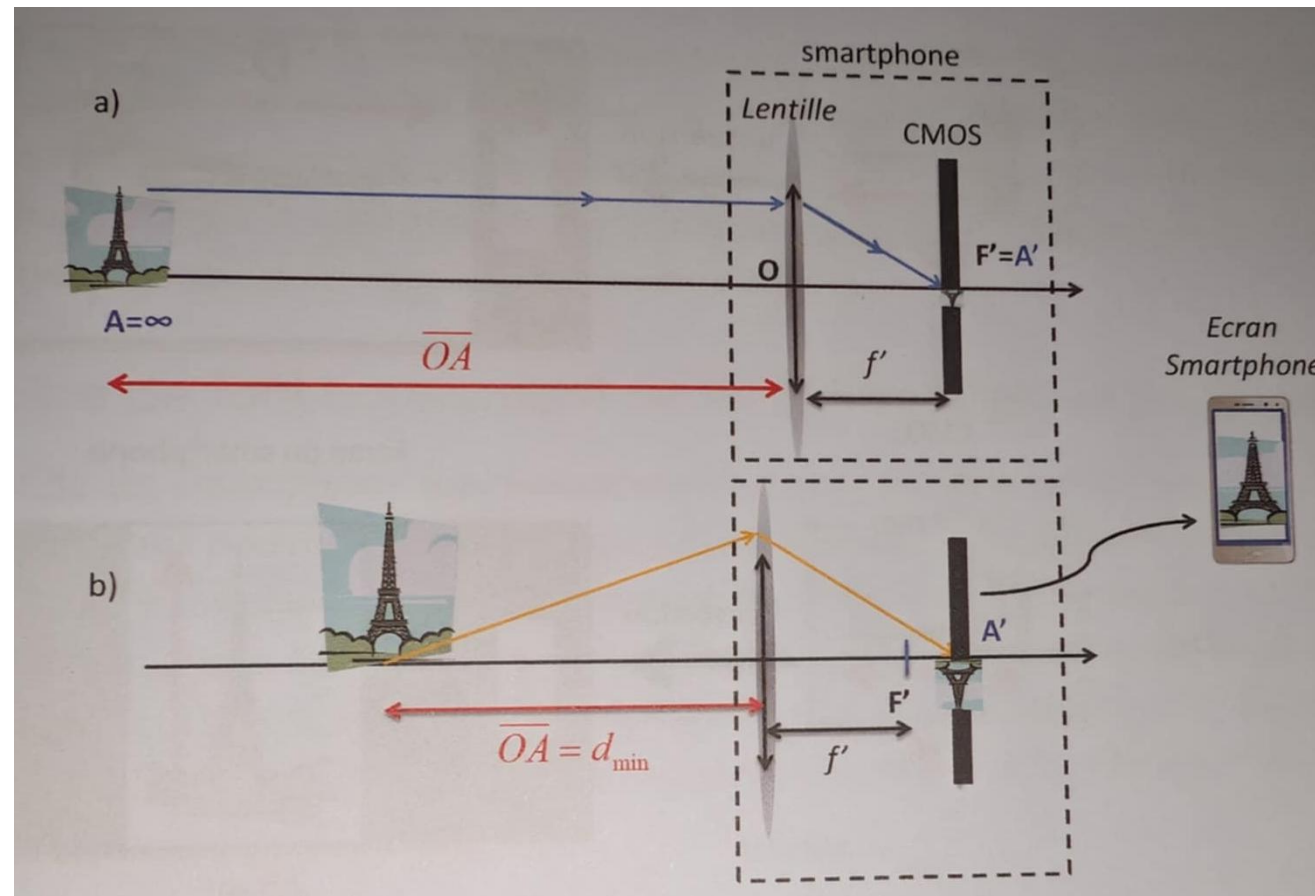
Matériel nécessaire : 1 smartphone, une règle et un objet

EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer « la » distance focale de l'appareil photo de son smartphone

a) Objet lointain



b) Objet proche

EXPERIENCES

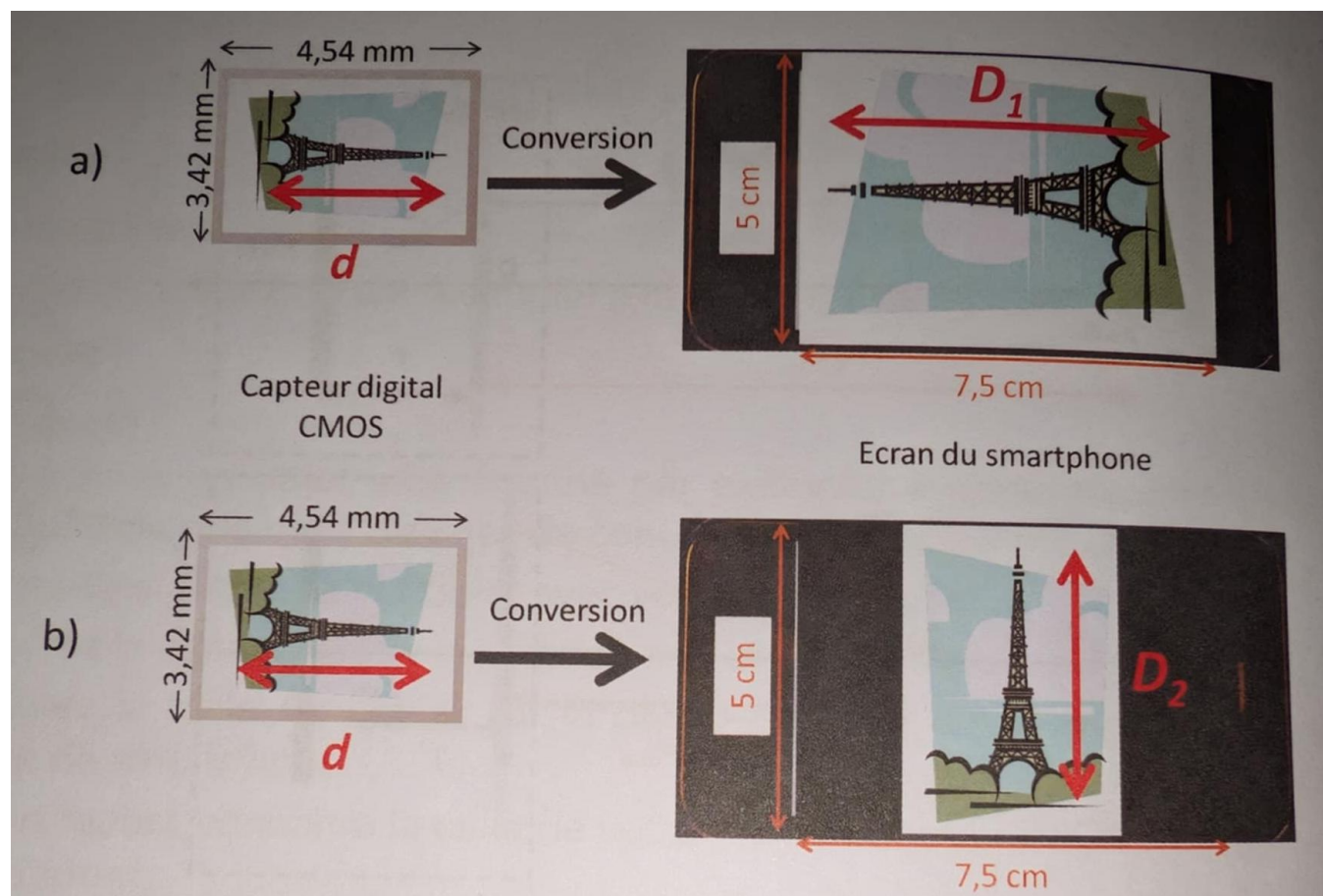
A VOUS DE JOUER !

- Déterminer « la » distance focale de l'appareil photo de son smartphone

On n'accède pas directement à l'image fournie par la lentille (sur le capteur) mais à ce qui est affiché à l'écran

→ Facteur de conversion capteurs CMOS / écran

$$C = \frac{-D}{d}$$

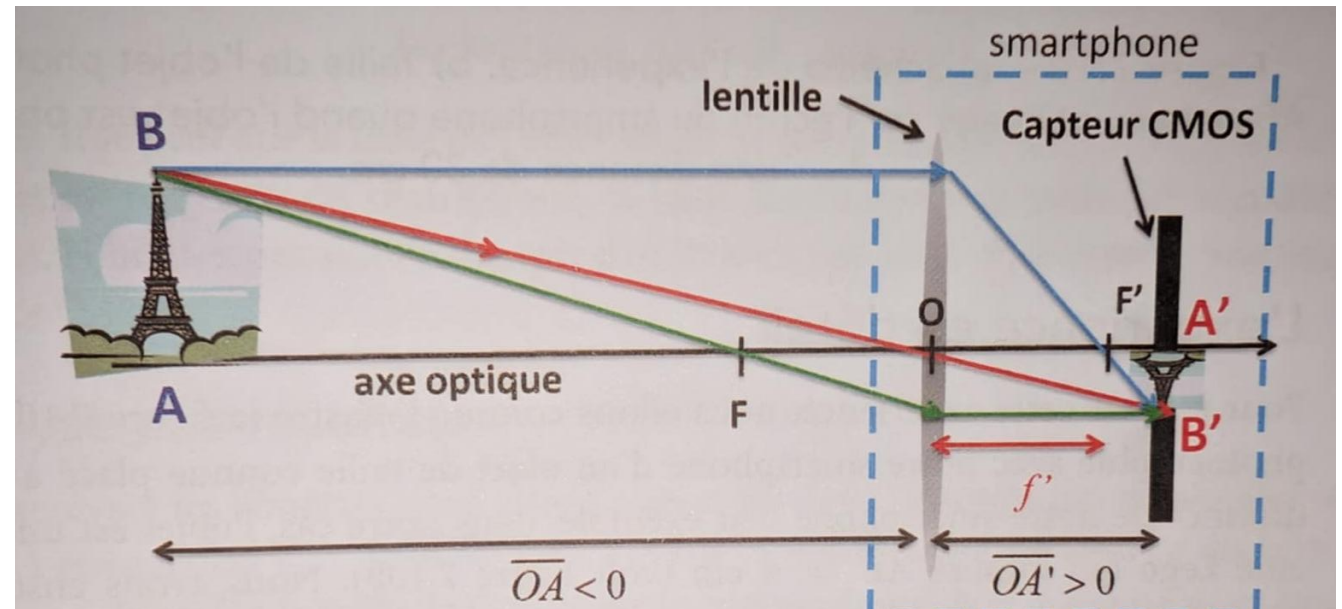


EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer « la » distance focale de l'appareil photo de son smartphone

On n'accède pas directement à l'image fournie par la lentille (sur le capteur) mais à ce qui est affiché à l'écran



→ Facteur de conversion
capteurs CMOS / écran

$$C = \frac{-D}{d} = \frac{|A_e B_e|}{|A' B'|}$$

Facteur d'agrandissement

$$m = \frac{|A' B'|}{|A B|} = \frac{-|O A'|}{|O A|}$$

Formule des lentilles

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{|O A|} + \frac{1}{|O A'|}$$

EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Peser l'air / vérifier la loi de la statique des fluides

Plusieurs mesures de pression (→ différences observées)

Objectif : Déterminer la masse volumique de l'air

Matériel nécessaire : 1 smartphone, un escalier, une règle, un ordinateur



App PhyPhox → **Fonction** : Tone Pressure/Pression

EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

- Déterminer l'intensité et l'inclinaison du champ magnétique terrestre

➔ Plusieurs mesures de champ magnétique (composantes dans chaque direction)

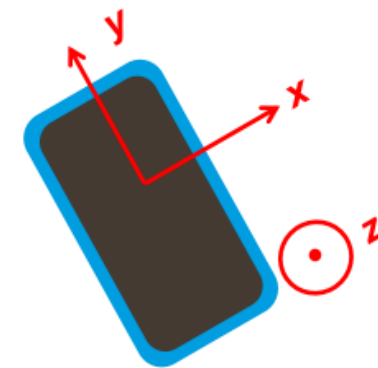
Objectif : trouver l'orientation du champ magnétique terrestre et son inclinaison par rapport au sol horizontal



App PhyPhox

➔ **Fonction** : Magnétomètre

Matériel nécessaire : 1 smartphone, un support horizontal



EXPERIENCES

A VOUS DE JOUER !

Pour chaque expérience, une fiche est à votre disposition !

SMARTPHONIQUE

Mesurer la vitesse du son avec deux smartphones

Deux claps, deux chronomètres acoustiques... et la vitesse de propagation du son devient mesurable.

ONDES • SON CAPTEUR : MICRO 2 SMARTPHONES ≈ 10 MIN

QUESTION

Comment mesurer la vitesse du son avec 2 smartphones sur des courtes distances ?

MATÉRIEL

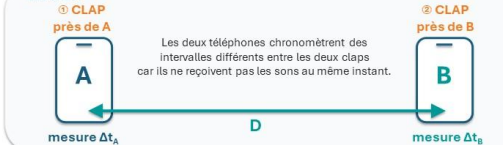
- 2 smartphones
- un mètre ruban / décimètre
- un espace permettant d'écartier les téléphones de plusieurs mètres

APPLICATION

Phyphox → Acoustic Stopwatch

Le chronomètre démarre lorsqu'un son dépasse le seuil choisi et s'arrête au son fort suivant.

DISPOSITIF



PROCÉDURE

1. Placer A et B à une distance D connue.
2. Lancer Acoustic Stopwatch sur les deux appareils et régler le seuil.
3. Faire un clap très près de A, puis un second très près de B.
4. Relire Δt_A et Δt_B .
5. Recommencer plusieurs fois et comparer les valeurs.

EXPLOITATION

Le décalage entre les deux durées vaut deux temps de propagation sur la distance D :

$$v_{\text{son}} = 2D / |\Delta t_A - \Delta t_B|$$

- Comparer à $\approx 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Discuter répétabilité, distance D, seuil sonore et incertitudes.

CE QU'ON PEUT EN TIRER

- Le son se propage à vitesse finie.
- Une mesure indirecte peut rendre accessible un temps de propagation très court.
- La répétition des mesures ouvre naturellement la discussion sur dispersion et incertitude.

EN CLASSE

Faire prédire d'abord : les deux smartphones vont-ils afficher la même durée ?

Variante : faire varier D et vérifier que $|\Delta t_A - \Delta t_B|$ est proportionnel à D.

Inspiré de : U. Delabre (2019), Smartphonique : expériences de physique avec un smartphone, Dunod. Application : phyphox → Acoustic Stopwatch.

Pierre-Xavier Marique LIÈGE université DidaPhys

SMARTPHONIQUE

Exploiter la pression atmosphérique avec un smartphone

Un même capteur, deux expériences : mesurer la masse volumique de l'air ou déterminer une différence de hauteur.

FLUIDES • PRESSION CAPTEUR : BAROMÈTRE 1 SMARTPHONE ≈ 10-15 MIN

OBJECTIF

« Peser » l'air ou mesurer une hauteur avec un smartphone

MATÉRIEL

- 1 smartphone équipé d'un capteur de pression
- un mètre ruban / télémètre pour l'expérience 1
- un escalier ou deux niveaux pour l'expérience 2

APPLICATION

Phyphox → Pression

Relier la pression à deux altitudes différentes. Quelques mètres suffisent.

PRINCIPE COMMUN

Sur une faible différence d'altitude, la variation de pression peut être reliée au poids de la colonne d'air située entre les deux niveaux.

$$|\Delta P| = \rho_{\text{air}} \cdot g \cdot |\Delta h|$$

On connaît deux grandeurs → on peut estimer la troisième.

EXPÉRIENCE 1 — MASSE VOLUM. DE L'AIR

On connaît Δh → on cherche ρ_{air} .

PROCÉDURE

1. Choisir deux niveaux séparés verticalement.
2. Mesurer précisément Δh .
3. Relier la pression P1 au niveau bas puis P2 au niveau haut.
4. Répéter les mesures et calculer $|\Delta P|$.

EXPLOITATION

$$\rho_{\text{air}} = |\Delta P| / (g \cdot |\Delta h|)$$

- Comparer à $\approx 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Discuter la précision sur Δh et la stabilité de la pression mesurée.
- Recommencer avec plusieurs différences de hauteur.

CE QU'ON PEUT EN TIRER

- La pression atmosphérique diminue lorsque l'altitude augmente.
- Une même relation physique peut être utilisée dans deux sens selon la grandeur recherchée.
- Une très faible variation de pression devient mesurable avec un capteur courant.

EN CLASSE

Faire prédire avant la mesure : la pression sera-t-elle plus grande ou plus faible à l'étage ? De combien ?

Prolongement : relier P à plusieurs hauteurs et représenter P en fonction de h.

Application : phyphox → capteur de pression. La disponibilité du baromètre dépend du modèle de smartphone.

Pierre-Xavier Marique LIÈGE université DidaPhys

SMARTPHONIQUE

Explorer le champ magnétique terrestre avec un smartphone

Un magnétomètre dans la poche pour mesurer un champ invisible et en reconstruire la direction.

MAGNÉTISME CAPTEUR : MAGNÉTOMÈTRE 1 SMARTPHONE ≈ 10-15 MIN

OBJECTIF

Mesurer l'intensité et l'inclinaison du champ magnétique terrestre

MATÉRIEL

- 1 smartphone équipé d'un magnétomètre
- une boussole
- un support horizontal ou une table
- si possible, un lieu éloigné des masses métalliques

APPLICATION

Phyphox → Magnétomètre

Mesurer les composantes B_x , B_y et B_z du champ dans le repère lié au smartphone.

PRINCIPE COMMUN

Une boussole ne montre que la direction de la projection horizontale du champ terrestre. Le magnétomètre du smartphone permet d'accéder à ses trois composantes.

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Si le smartphone est posé sur un plan horizontal : B_z reste constant quand on fait le tourner.

EXPÉRIENCE 1 — RETROUVER LE NORD MAGN.

On fait tourner le smartphone horizontalement et on observe B_x et B_y .

PROCÉDURE

1. Poser le smartphone bien horizontalement.
2. Relire B_x , B_y et B_z pour plusieurs orientations.
3. Faire tourner le téléphone par pas réguliers.
4. Repérer comment B_x et B_y évoluent, tandis que B_z reste quasi-constant.

EXPLOITATION

$$B_H = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

- Vérifier que B_H reste presque constant.
- Déterminer l'orientation de la composante horizontale du champ.
- Comparer le nord magnétique obtenu à celui indiqué par la boussole.

CE QU'ON PEUT EN TIRER

- Le champ magnétique terrestre est un vecteur tridimensionnel.
- À Liège, sa composante verticale est importante : le champ plonge nettement vers le sol.
- La boussole indique seulement la direction de sa projection horizontale.

EN CLASSE

Défi : à partir d'une série de mesures B_x , B_y , B_z , retrouver le nord magnétique sans utiliser la boussole.

Prolongement : comparer ensuite au nord géographique et introduire la déclinaison magnétique.

Application : phyphox → magnétomètre. Éloigner le smartphone des aimants, aimants, structures métalliques et appareils électriques.

Pierre-Xavier Marique LIÈGE université DidaPhys

SMARTPHONIQUE

Déterminer la distance focale de l'appareil photo d'un smartphone

Un smartphone, une règle et un objet suffisent pour caractériser le système optique utilisé par l'appareil photo.

OPTIQUE • LENTILLES CAPTEUR : CAMÉRA 1 SMARTPHONE ≈ 15 MIN

OBJECTIF

Déterminer expérimentalement « la » distance focale de l'appareil photo de son smartphone

MATÉRIEL

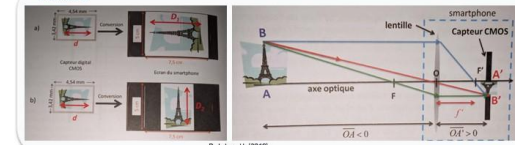
- 1 smartphone
- une règle
- un objet de taille connue
- un objet lointain identifiable

À SAVOIR

Une distance focale équivalente

Un smartphone peut posséder plusieurs objectifs. On caractérise ici le système optique effectivement utilisé lors de la mesure.

PRINCIPE



PROCÉDURE

1. Afficher un objet lointain et mesurer sur l'écran la taille D de son image.
2. Utiliser cette première mesure pour déterminer le facteur de conversion écran → capteur.

$$C = \frac{-D}{d} = \frac{|A_y B_y|}{|A' B'|}$$

3. Placer ensuite un objet de taille AB connue à une distance OA mesurée.
4. Mesurer sur l'écran la taille A'B_e de sa nouvelle image.
5. Convertir cette taille pour obtenir A'B' sur le capteur.
6. Déduire OA' à partir du grandissement $m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|O A'|}{|O A|}$
7. Utiliser la formule des lentilles minces $\frac{1}{f} = \frac{1}{|O A|} + \frac{1}{|O A'|}$

CE QU'ON PEUT EN TIRER

- Le smartphone est ici à la fois l'objet étudié et l'instrument de mesure.
- L'écran ne donne pas directement la taille de l'image formée sur le capteur CMOS : une conversion est nécessaire.
- Grandissement et formule des lentilles permettent de remonter à la distance focale.

EN CLASSE

Faire d'abord estimer l'ordre de grandeur de la focale : millimètres, centimètres ou dizaines de centimètres ?

Point de vigilance : conserver le même objectif et la même réglage de zoom pendant toute la manipulation.

Inspiré de : Delabre, U. (2019), Smartphonique : expériences de physique avec un smartphone, Dunod. Illustration adaptée de la même source.

Pierre-Xavier Marique LIÈGE université DidaPhys

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

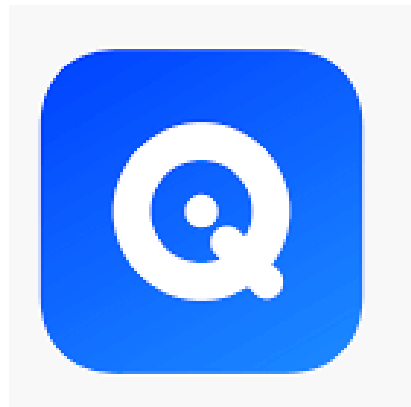
EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Déterminer la valeur de g

→ Chute libre

Matériel nécessaire : 1 smartphone, un coussin, une règle



→ L'outil « **chronomètre mouvement** » de fizziq permet de mesurer des durées entre 2 événements liés aux accélérations



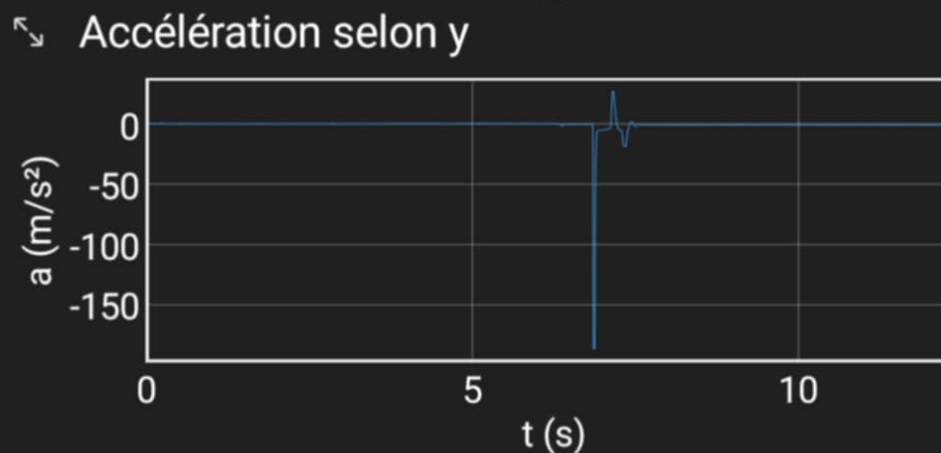
App PhyPhox

→ **Fonction** : accéléromètre (avec g)

** La fonction « accéléromètre » mesure les accélérations linéaires selon x, y, z*

SMARTPHONIQUE

Expérience : Chute libre



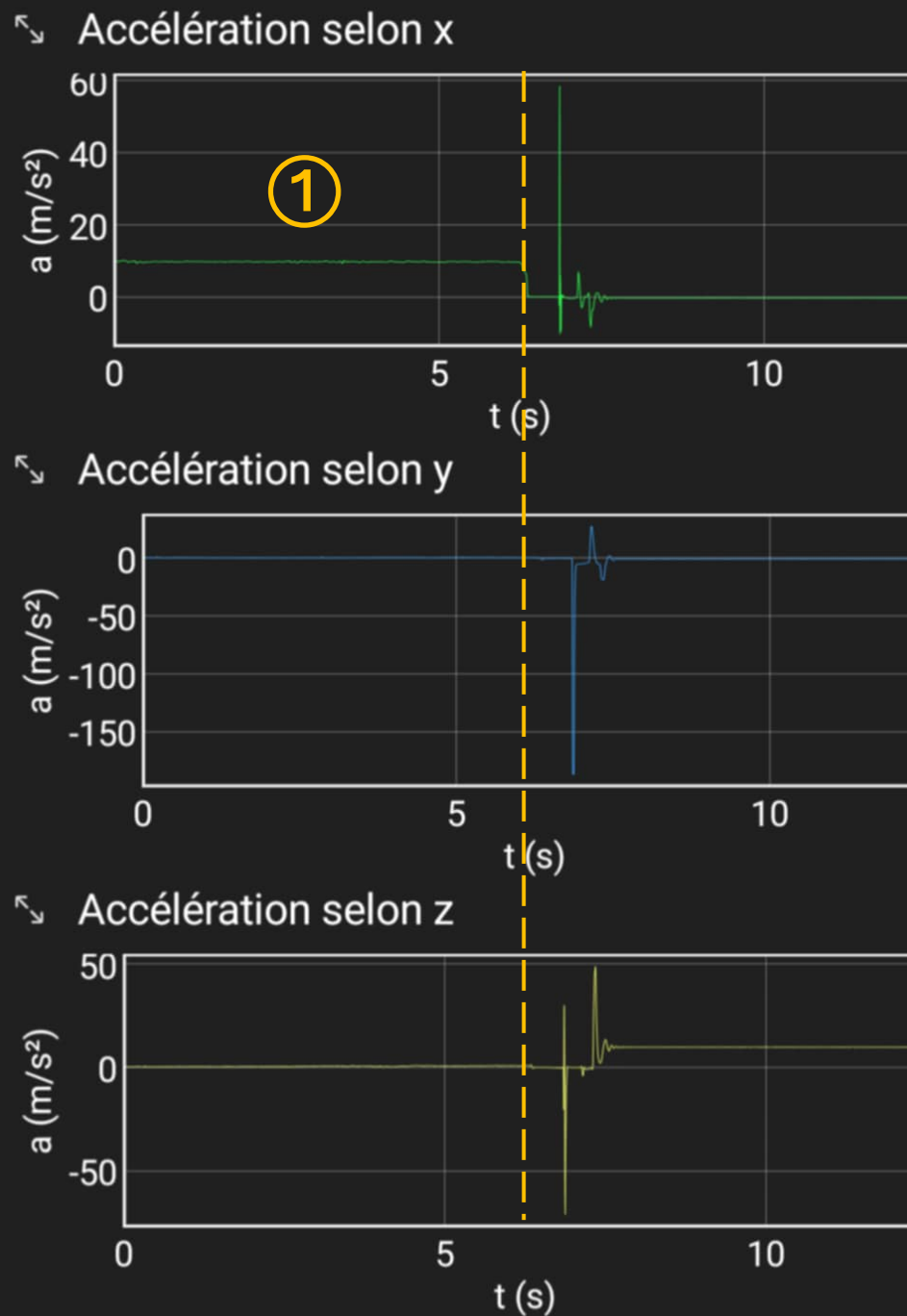
SMARTPHONIQUE

Expérience : Chute libre

①

REPOS

COUSSIN



SMARTPHONIQUE

Expérience : Chute libre

①

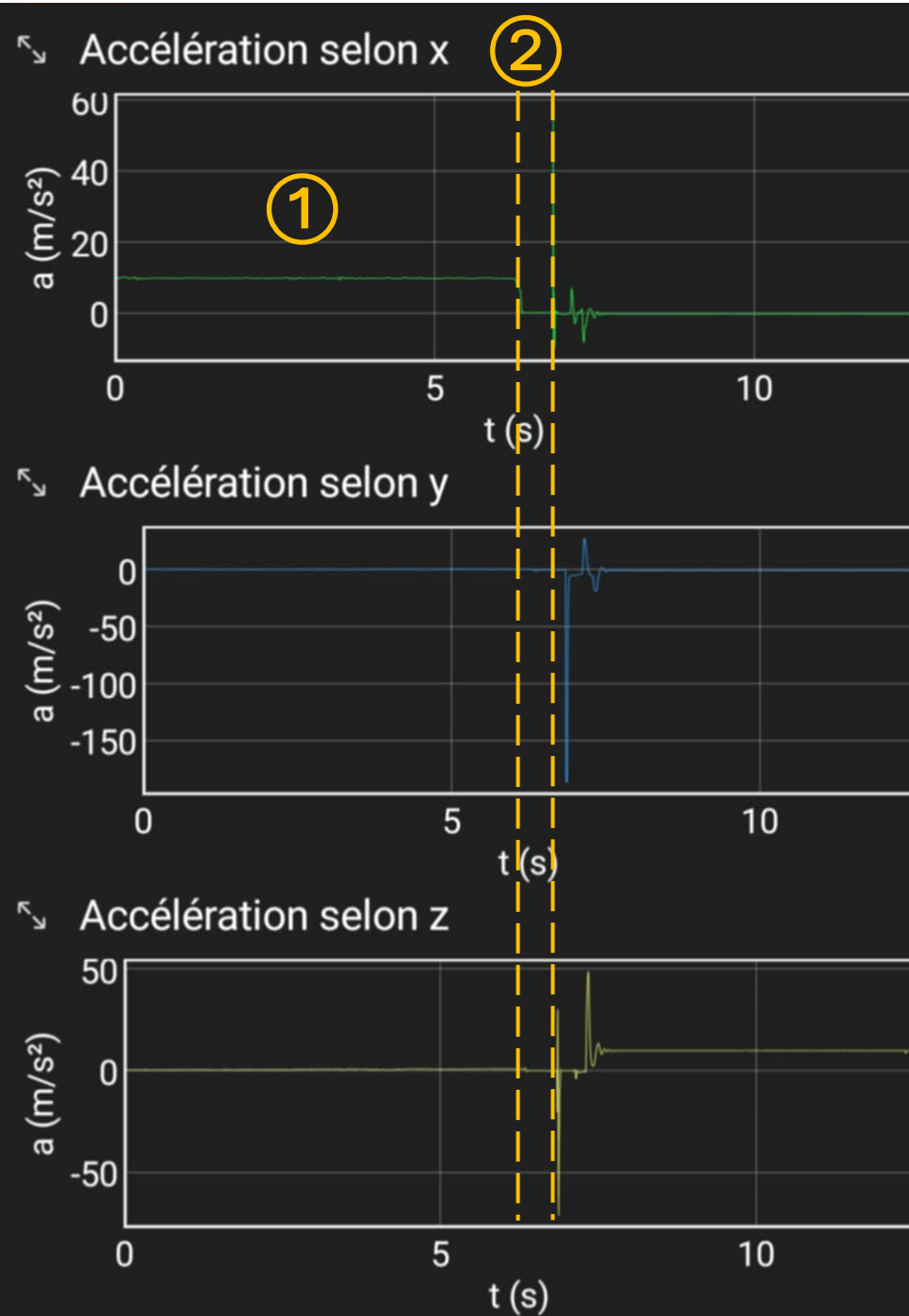
REPOS

②

CHUTE

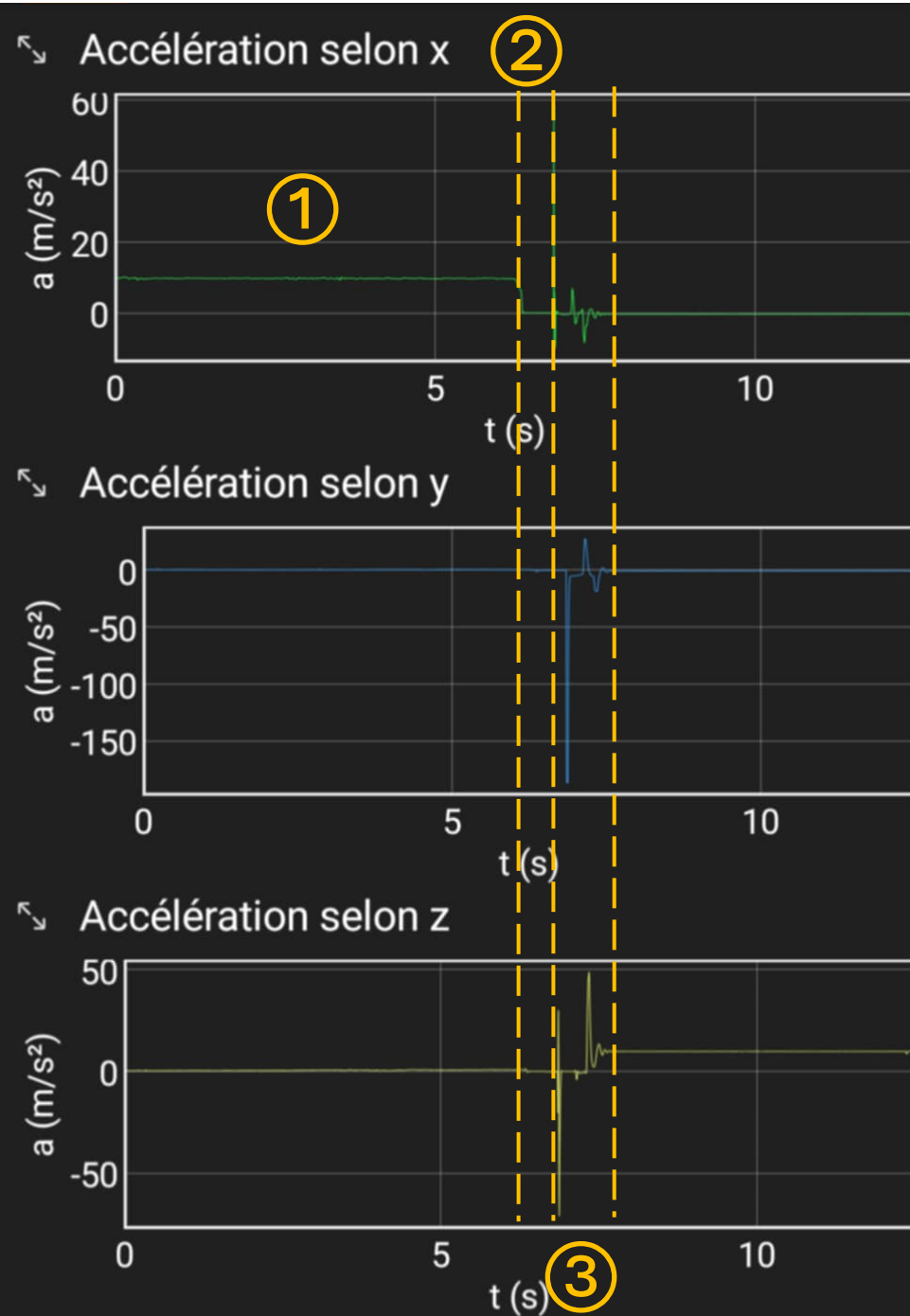
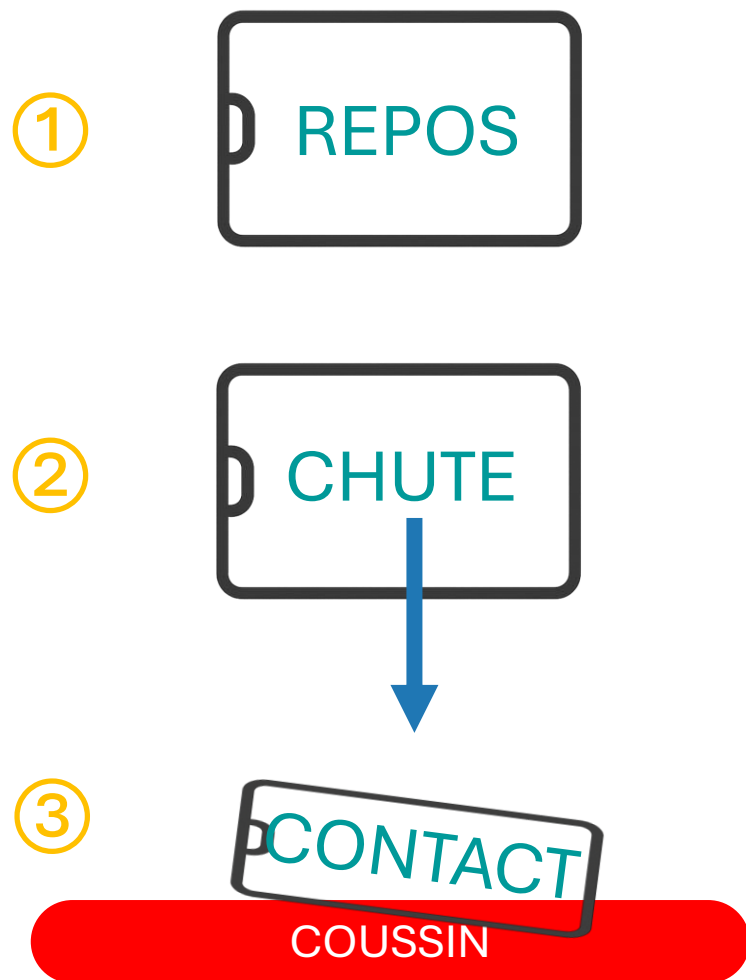


COUSSIN



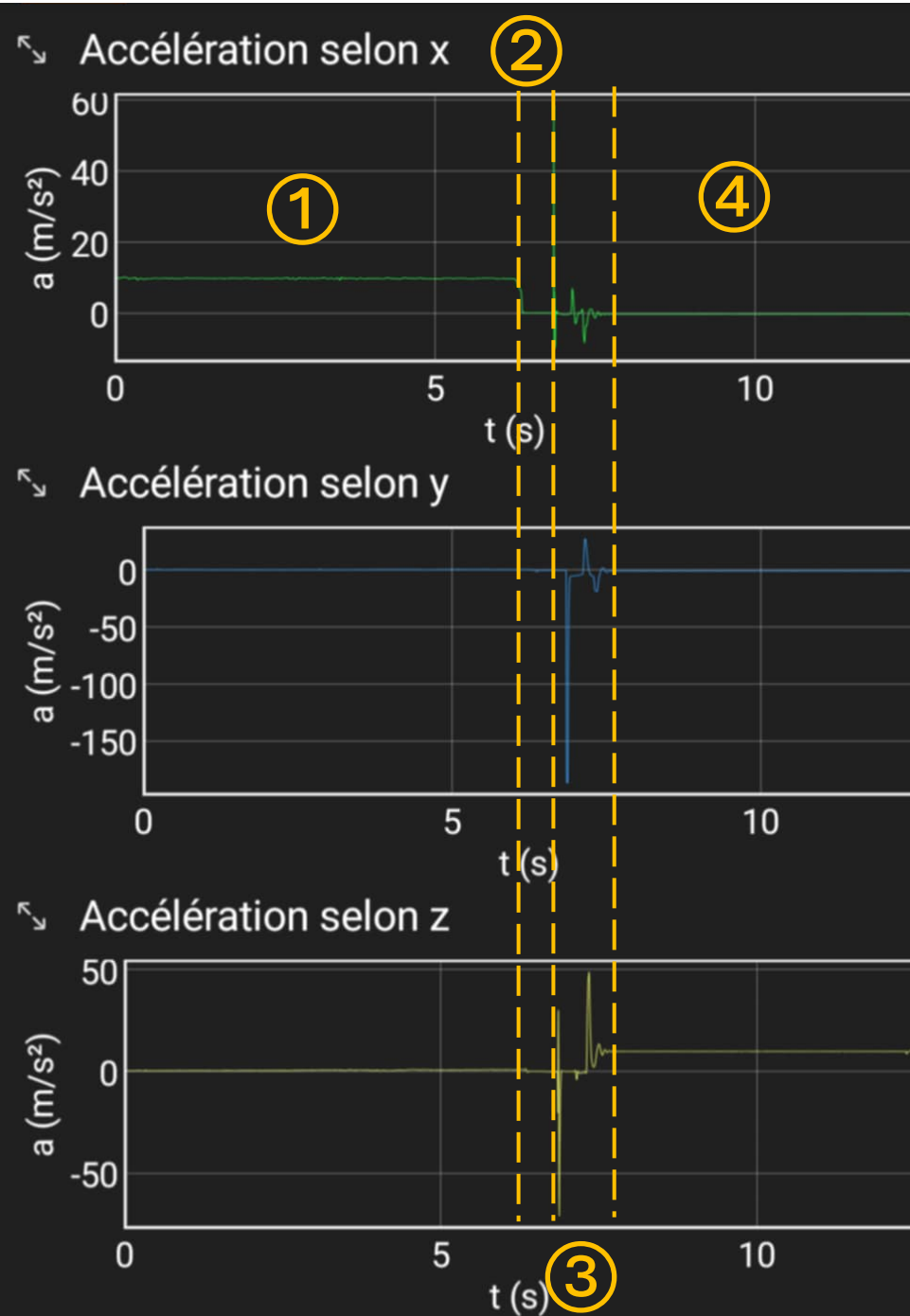
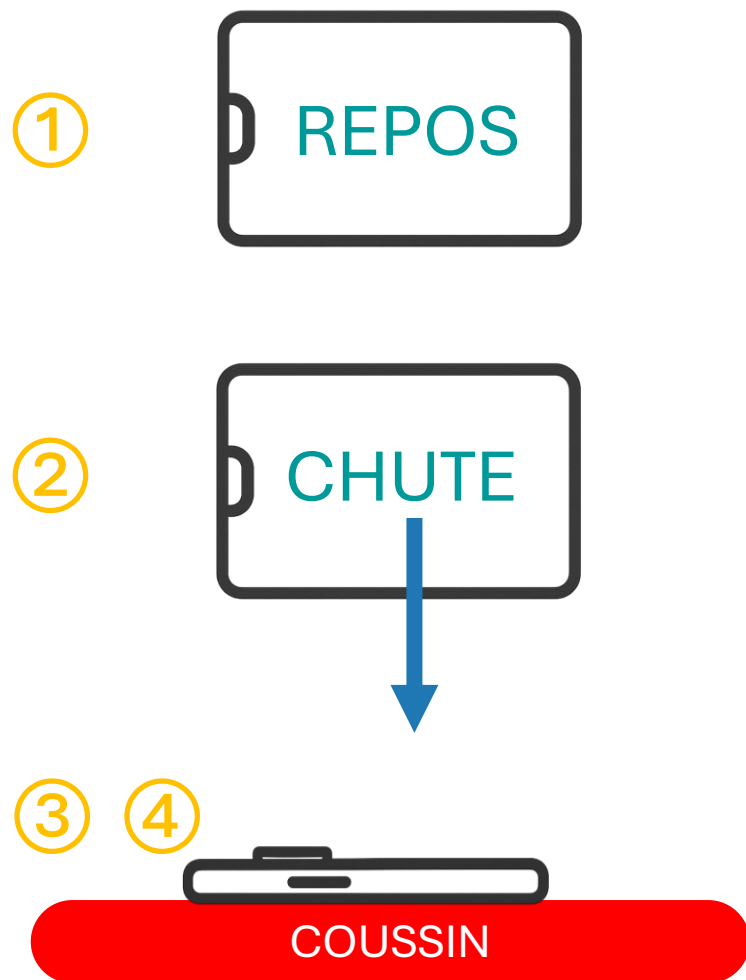
SMARTPHONIQUE

Expérience : Chute libre



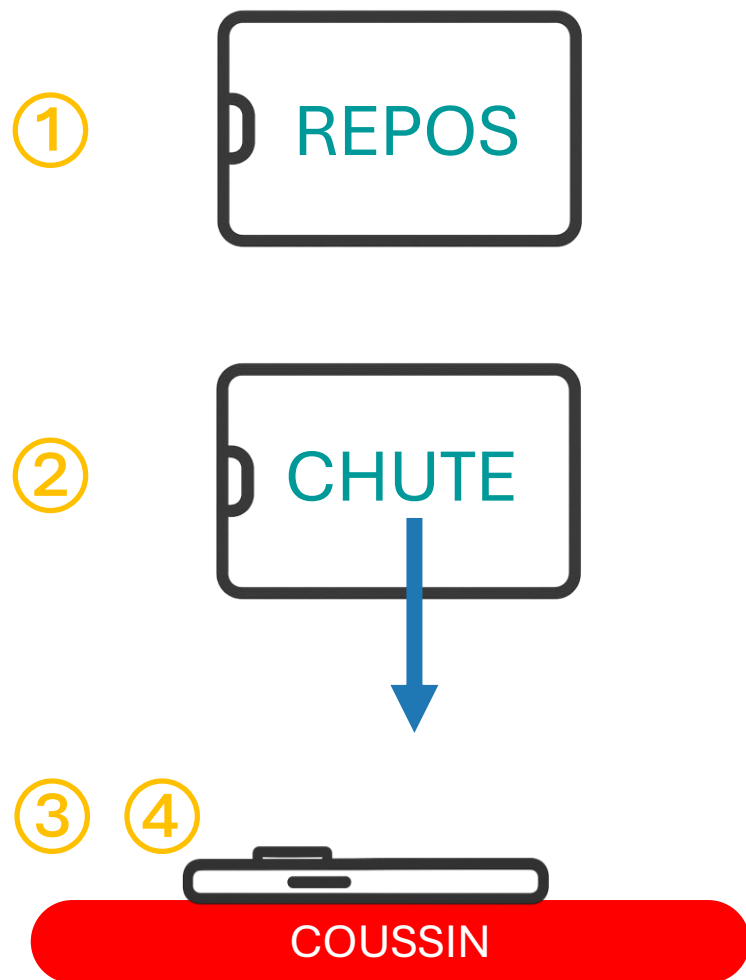
SMARTPHONIQUE

Expérience : Chute libre



SMARTPHONIQUE

Expérience : Chute libre



$\vec{g}$

SMARTPHONIQUE

Expérience 1 : Chute libre – Calculer de g

Matériel :

- 1 smartphone (+ app fizziq *)
- 1 coussin
- 1 mètre

Objectif :

- Calculer la valeur de g

Indice :

- Utiliser l'équation de mouvement d'un objet en MRUA

* *L'outil « chronomètre mouvement » de fizziq permet de mesurer des durées entre 2 évènements liés aux accélérations*

SMARTPHONIQUE

Expérience 2 : Chute libre – Calculer la masse de la Terre

Matériel :

- 1 smartphone (+ app Phyphox *)
- 1 coussin
- 1 mètre

Delabre, U. (2019) *Faire des sciences avec son smartphone*, EPU

Objectif :

- Vérifier la valeur de g
- Calculer la masse de la Terre

Donnée nécessaire :

- $R_{Terre} = 6371 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

* La fonction « accéléromètre » mesure les accélérations linéaires selon x, y, z

SMARTPHONIQUE

Expérience 3 : Pendule – Calculer le rayon de la Terre

Matériel :

- 1 smartphone (+ app Phyphox *)
- 1 corde
- 1 sac de congélation
- 1 mètre

Objectif :

- Vérifier la valeur de g
- Calculer le rayon de la Terre

Donnée nécessaire :

- $M_{Terre} = 5,73 \cdot 10^{24} \text{ kg} ; G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

* La fonction « accéléromètre » mesure les accélérations linéaires selon x, y, z

Delabre, U. (2019) *Faire des sciences avec son smartphone*, EPU

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Descente un plan incliné / Calculer μ_s

Matériel :

- 1 smartphone (+ app Phyphox *)
- 1 plan inclinable



App PhyPhox

→ **Fonction** : inclinaison

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie

Matériel :

- 1 smartphone (+ app Fizziq)
- 1 objet à lâcher/lancer

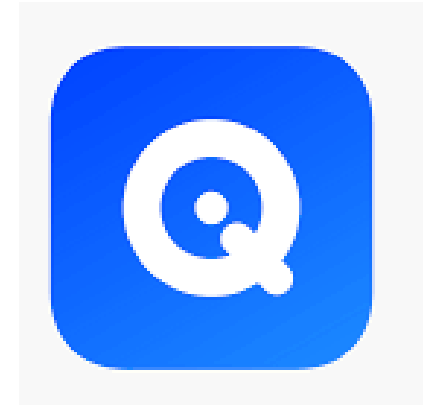
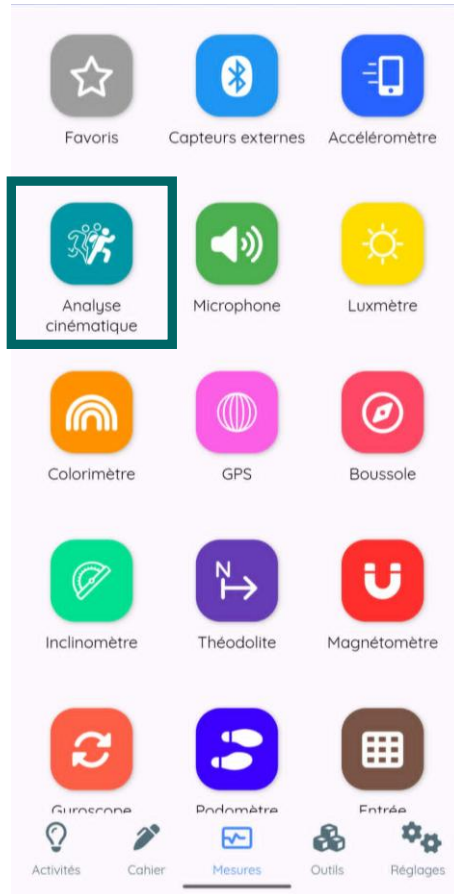


→ **Fonction** : Analyse cinématique

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre

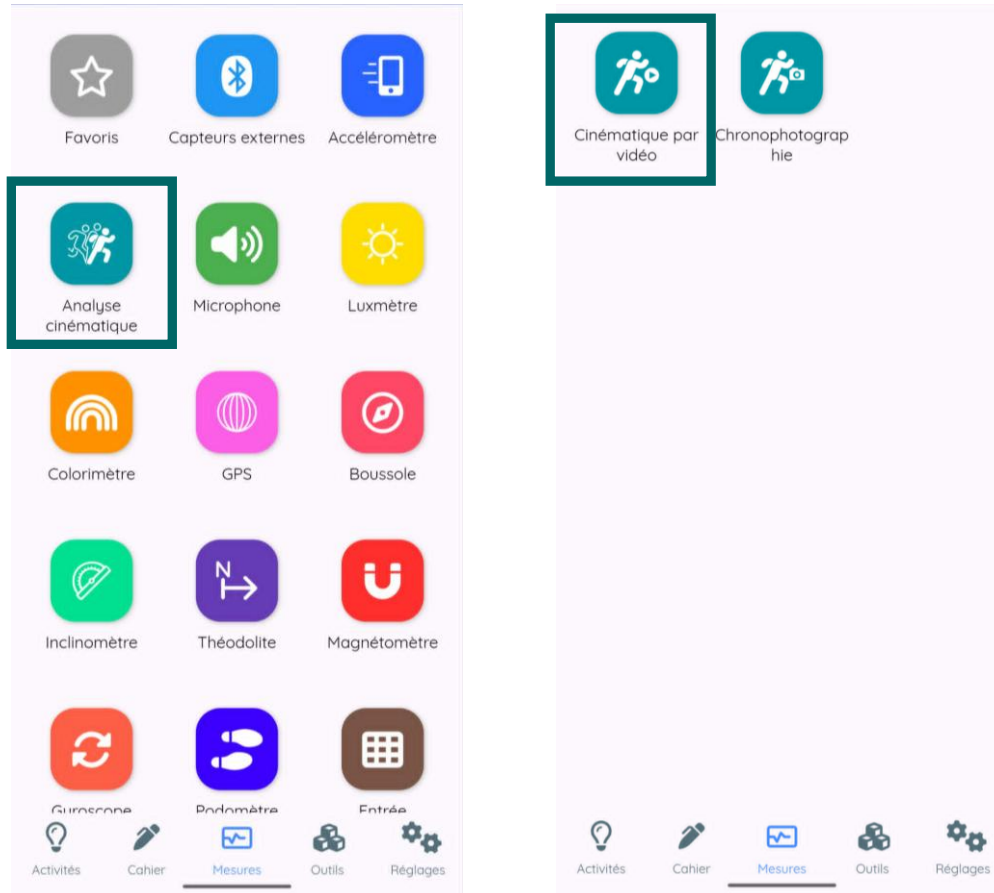


Analyse cinématique

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre



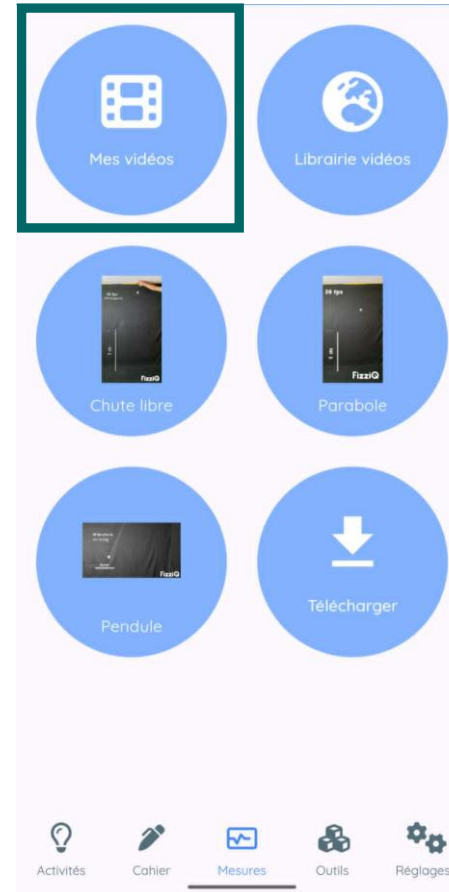
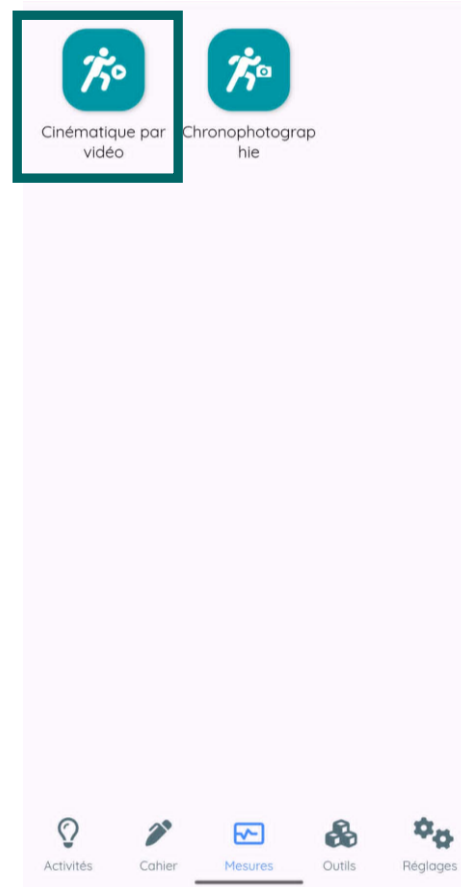
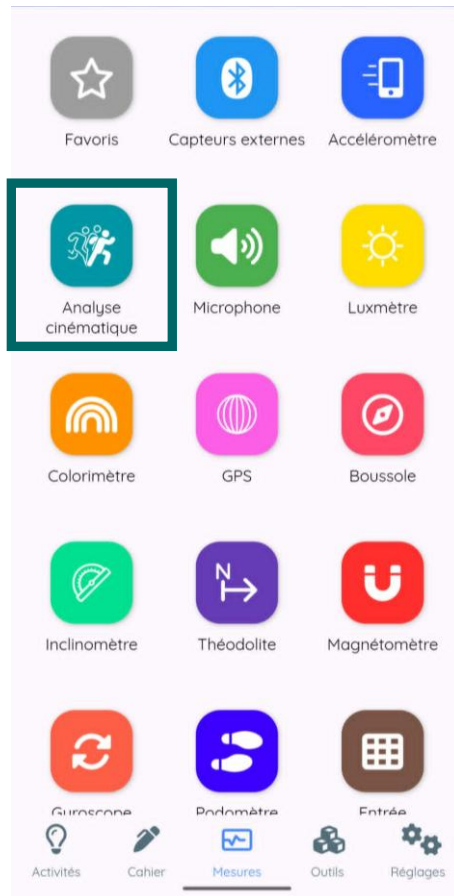
Analyse cinématique

→ Cinématique par vidéo

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre



Analyse cinématique

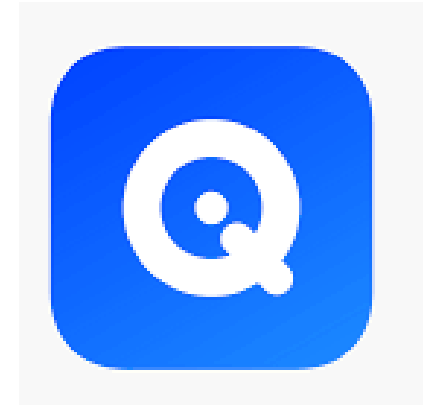
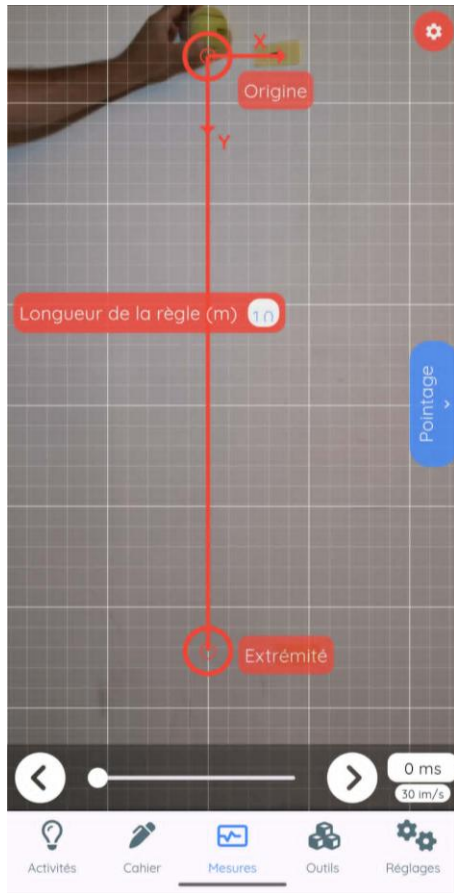
→ Cinématique par vidéo

→ Mes vidéos (ou autre ;-)

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre

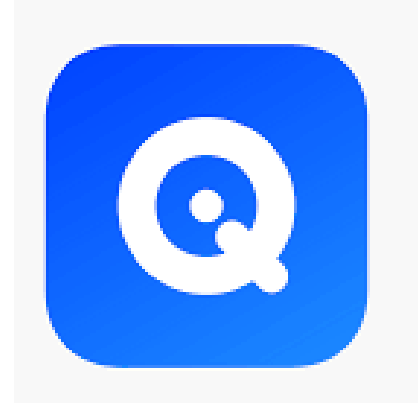
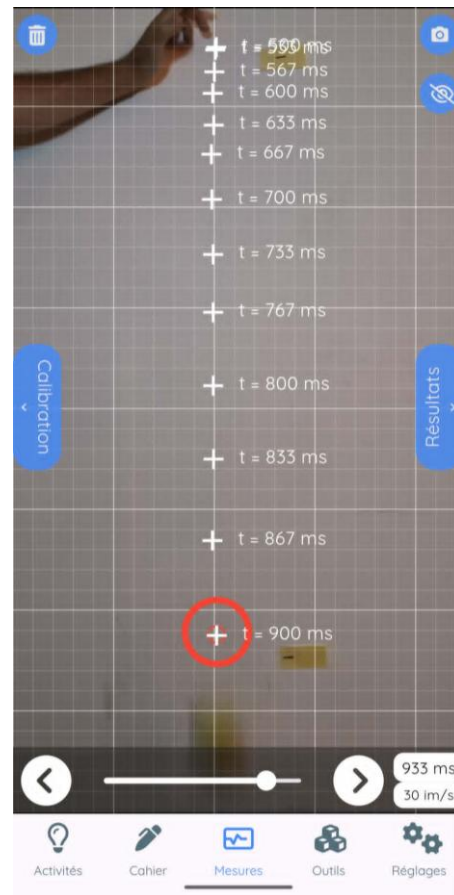
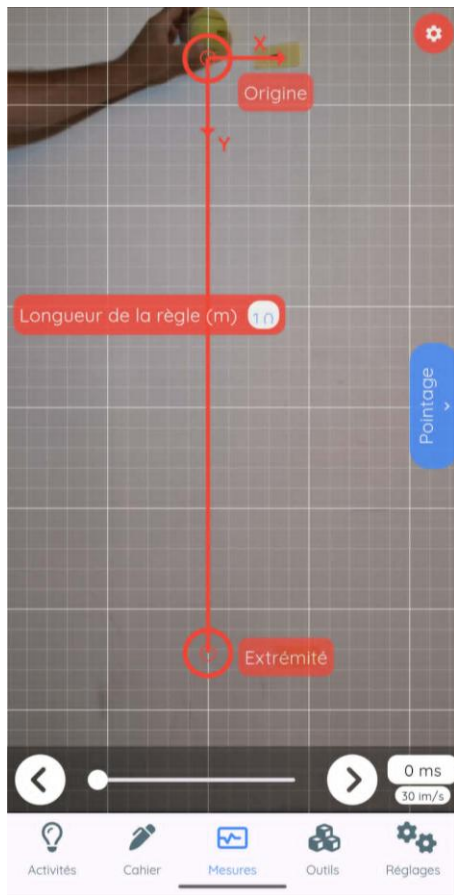


→ Etalonnage

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre



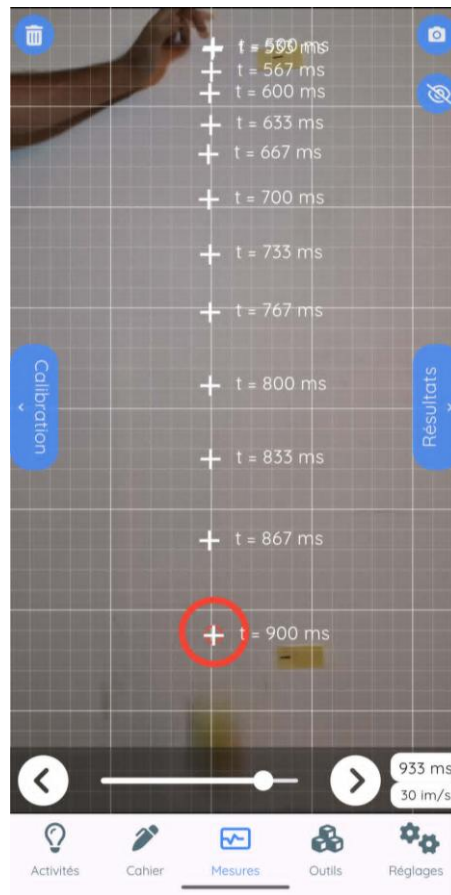
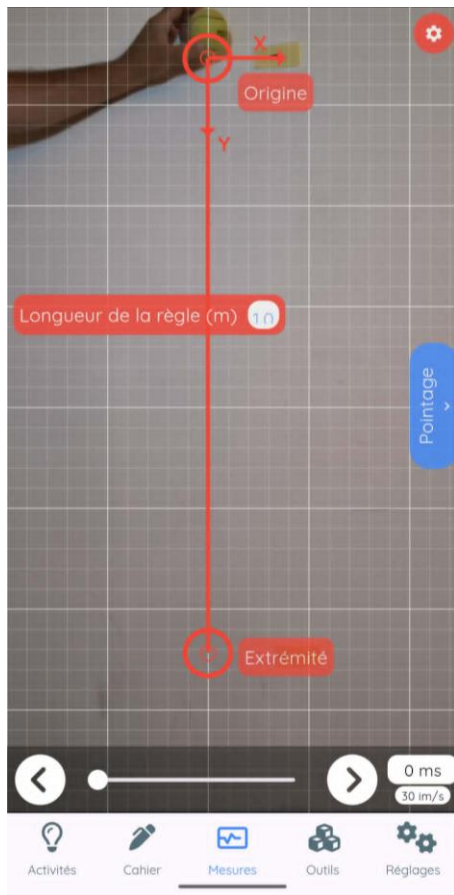
→ Etalonnage

→ Tracking des positions

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

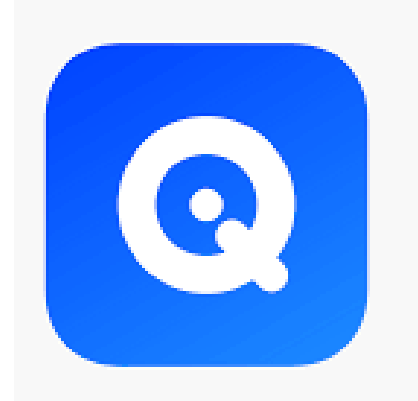
- Chronophotographie : Chute libre



→ Etalonnage

→ Tracking des positions

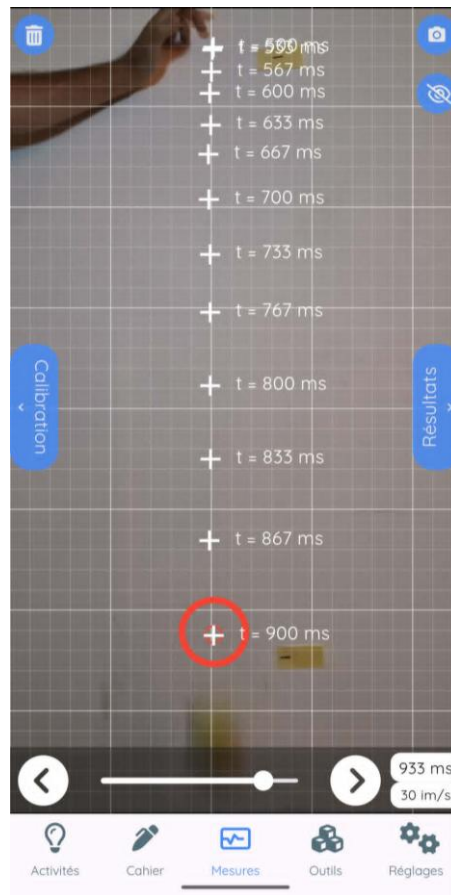
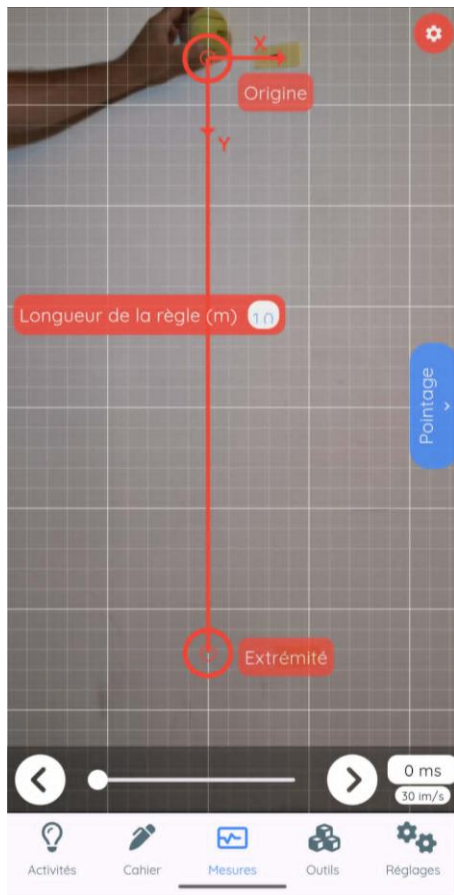
→ Choix des données



EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre



→ Etalonnage

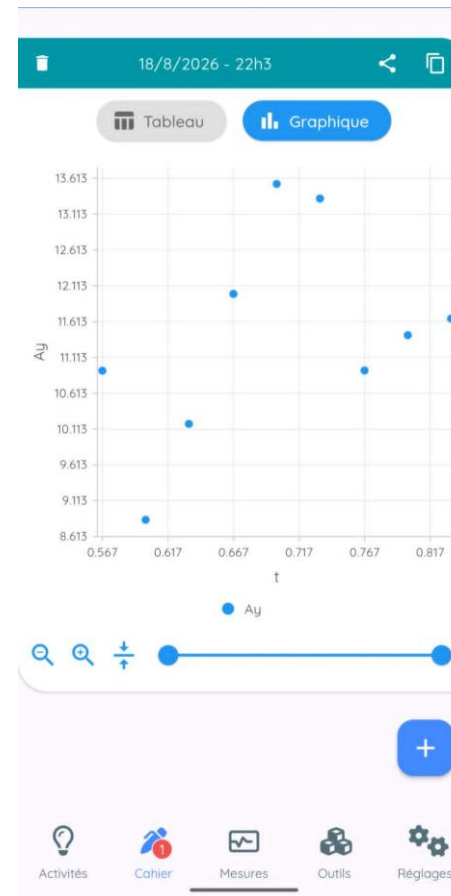
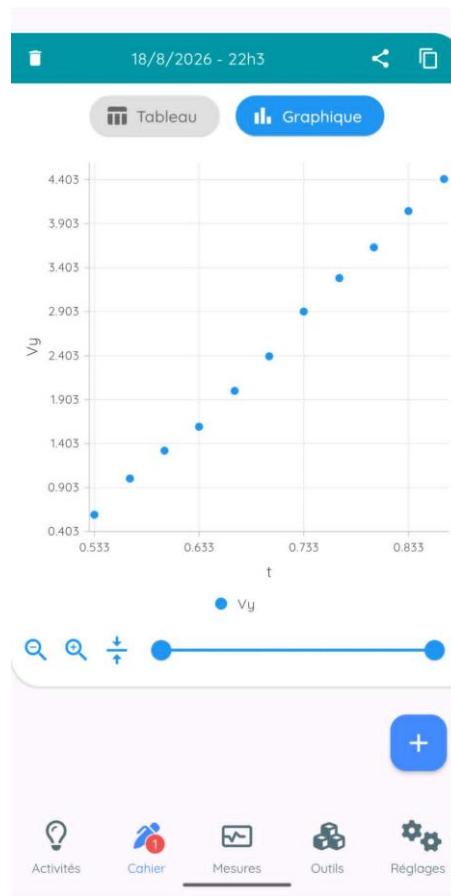
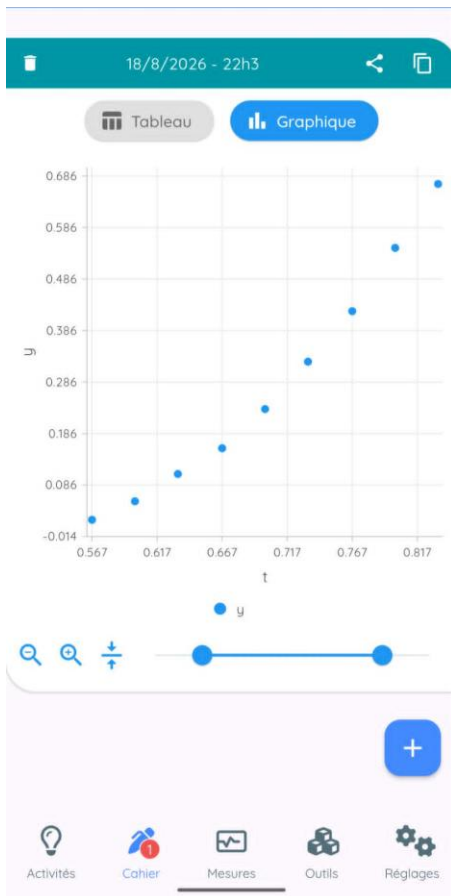
→ Tracking des positions

→ Choix des données

EXPERIENCES

QUELQUES EXPERIENCES COMPLEMENTAIRES

- Chronophotographie : Chute libre



→ Graphiques

MERCI !

Pierre-Xavier Marique

Chargé de cours – Didactique de la physique

pxmarique@uliege.be

